仕　様　書

1　件名

小型入射器用高出力半導体高周波増幅器の製造・据付・試験調整

2　数量

一式

3　目的

重粒子線がん治療装置（HIMAC）入射系システムの一部である高効率小型入射器用の高出力半導体高周波増幅器を製造し、据付及び試験調整を実施する。

4　納入期限

平成27年4月30日（木）

5　設置場所

放射線医学総合研究所

重粒子線棟・線形加速器室

6　仕様

高効率小型入射器は小型ECRイオン源、小型RFQ、小型IHLにより構成されている。このうち、本件では小型 RFQ 及び小型 IHL 用高出力半導体増幅器を製造し、据付・試験調整を行う。

現用の小型 RFQ 及び小型 IHL 用増幅器は、ぞれぞれ①初段半導体増幅器、②中間段真空管増幅器、③後段真空管増幅の3段カスケード構成となっている。このうち、本件では①＋②と同等の高周波増幅率を有する高出力半導体増幅器を製造し、現用増幅器との置き換えを行う。これにより、①高出力半導体増幅器、②後段真空管増幅器の2段構成とする。

以下に詳細な仕様を述べる。

6.1　高出力半導体増幅器の製造

本件で製造する小型入射器用高出力高周波増幅器の内訳は以下の通り。

[1] 小型 RFQ 用高出力半導体増幅器

A) 員数：1台

B) 最大RF実効出力電力： 20 kW

C) RF出力ポート形状：WX-39D（NF）

[2] 小型 IHL 用高出力半導体増幅器

A) 員数：1台

B） 最大RF実効出力電力： 50 kW

C） RF出力ポート形状：WX-77D（NF）

[3] 予備モジュール

[1]及び[2]の高出力半導体増幅器の高周波（RF）出力部は後述する通り、増幅器モジュール化構造とする。前段増幅器モジュール、後段増幅器モジュール等、全モジュール種に対して各1式、予備増幅器モジュールを製造し、[1]及び[2]と共に納品のこと。増幅器モジュール故障時には該当する予備モジュール入替により直ちに復旧可能な構造とすること。

[1]及び[2]の高出力半導体増幅器に関する共通仕様は下記の通り。

【共通仕様】

① 型式：半導体増幅器

② 形状：EIA19 インチラック形状、若しくはそれに相当する形状

※原則として、[1], [2]の各増幅器はそれぞれラック1面とする

※何れも床面にボルト等で固定可能な構造とすること

③ 出力周波数：200 Hz（±1 MHz）

④ 入出力インピーダンス：50 Ω

⑤ デューティー：最大 0.5 %

⑥ パルス幅：最大 1.2 ms

⑦ 繰り返し：最大 4 Hz

⑧ 冷却方式：強制風冷

⑨ 受電：AC200V -3 φ 3W 50Hz

⑩ 入力レベル：最大+10dBm

⑪ 入出力端子

イ） RF入力：N-Female

ロ） RF出力：同軸管（サイズ及び形状は前記個別仕様に記載）

ハ） 制御端子（背面に設置。主要な制御は I/O 接点端子にて行う）

ニ） 受電端子（AC200V -3 φ 3W 50Hz）

ホ） RF 進行波モニタ出力（BNC-Female）

ヘ） RF 反射波モニタ出力（BNC-Female）

ト） サンプルホールドタイミング入力（BNC-Female）

チ） その他（ドライバ増幅器出力のモニタ端子、内蔵DC電源モニタ端子等）

⑫ 表示・操作

増幅器前面に液晶タッチパネル及び、LED 表示灯を取り付け、増幅器状態の詳細が全て読み取れるようにすること。主な仕様は下記の通り。

【液晶タッチパネル】

イ） 進行波・反射波電力表示

○ 進行波・反射波電力はサンプルホールド入力毎に更新表示させること。

ロ) 増幅器状態表示

ハ) 異常・警報詳細表示

以下の情報を含む全ての異常・警報詳細表示を行うこと。

○ 温度異常、電源異常、受電異常、入力過大、出力過大、反射過大、ファン異常等

○ 増幅器モジュール状態等の詳細情報

【LED 表示灯】

イ) 受電ランプ(UVW 各1灯)

ロ) ON/OFF 状態灯

ハ) 異常集約表示灯

ニ) 警報集約表示等

【操作器】

イ) 電源 ON/OFF スイッチ(背面設置も可)

⑬ 制御

本増幅器は既設のローカル制御盤に接続され、遠隔制御が行われる。制御はオムロン社製プログラムロジックコントローラ(PLC)で構成されている。制御との接続も考慮し、増幅器には OMRON 製 Device-Net モジュールを配置し外部制御を可能とさせること。制御用 I/O 信号は以下を含むこととする。

イ) ON/OFF 入力

ロ) リセット入力

ハ) 異常出力(全異常詳細接点を含む)

ニ) 警報出力(全警報詳細接点を含む)

ホ) 進行波モニタ出力(0～10V)

ヘ) 反射波モニタ出力(0～10V)

⑭ 保護

RF出力の全反射に対しても耐えられる設計とすること。また、温度異常、電源異常、受電異常、入出力過大、反射過大、ファン異常等に対する自己保護機能を有すること。保護機能により、誤操作及び誤入力に対しても故障することがないような設計を行うこと。

⑮ タイムシェアリング運転への対応

本トランジスタアンプの運用においては、タイムシェアリング運転が行われる。即ち、3Hz 程度の運転パルス毎にアンプへのRF入出力レベルが変化する。このようなタイムシェアリング運転下においても出力RFレベル及び位相の安定性が保たれること。

⑯ その他

保守及び修理が容易となるよう、内部構造を最適化した設計を行うこと。高周波増幅部をモジュール化構造とし、一部モジュールの故障時においても同時製作する

予備モジュール交換にて即座に復旧可能な構成とすること。また、モジュール故障の際にも、故障モジュールの切り離しにより運転継続可能な設計とすること。

6.2　高出力半導体増幅器の工場試験

製作後、下記の試験を工場にて実施すること。

A)　基本動作試験
B)　遠隔操作試験
C)　インターロック試験
D)　保護動作試験
E)　RF最大定格出力試験
F)　RF出力・位相の長時間安定度測定
G)　タイムシェアリング運転の模擬試験
H)　予備モジュールの動作試験

試験結果は試験成績書として完成図書の一部に含め、提出のこと。

6.3　現用増幅器の撤去作業

重粒子線棟地下線形加速器室内に設置されている以下の現用増幅器に対して、撤去作業を行うこと。

イ)　小型 RFQ 用初段半導体増幅器
ロ)　小型 RFQ 用中間段真空管増幅器
ハ)　小型 IHL 用初段半導体増幅器
ニ)　小型 IHL 用中間段真空管増幅器

作業にあたり、初めに各増幅器に接続されている電力配線、制御配線の離線作業を行うこと。不要となる配線類は安全な場所にまとめ、養生を行うこと。また、冷却水配管の解体作業を行い、冷却水漏れがないよう、配管末端を封じる等処置を実施のこと。

離線、配管解体作業後、上記4台の半導体増幅器を線形加速器室内の指定場所へ移設すること。これら増幅器は将来再利用されるため、移設に際しては細心の注意を払うと共に、移設後に養生を行うこと。

6.4　現地搬入・据付

製造した高出力半導体増幅器を線形加速器室内へ搬入し、小型入射器用増幅器類が設置されているプラットフォーム上への据付作業を行うこと。据付に際しては、半導体増幅器をプラットフォーム床面へボルト締結し、固定すること。また、必要に応じて固定治具やベースプレート等を設計、製作すること。

事前に同軸管の取り回しを考慮し、高出力半導体増幅器の設置位置並びに同軸管立体回路に関する検討を行い、放医研担当者と協議し、設置位置を決定すること。

6.5　配線作業

高出力半導体増幅器据付後、指定する分電盤より受電配線を行うこと。また、必要に応じてブレーカー交換など、分電盤の改造を行うこと。更に現用現場制御盤との制御配線及び、RF入力信号配線を行うこと。配線作業で必要となるケーブル類及びラック等は全て請負業者側で準備のこと。各配線にはラベリングを行い、線種及び接続先が明確となるようにすること。

6.6　立体回路組立作業

事前に実施した同軸管立体回路設計に基づき、必要となる同軸管を製作し、現地にて立体回路の組み立てを行い、高出力半導体増幅器と後段増幅器の接続作業を行うこと。この際、現用の同軸管を流用しても良い。

6.7　制御系の改造及び接続試験

本件で製造した半導体増幅器を加速器制御室から遠隔操作できるよう、高効率小型入射器の現場制御装置のソフトウェア・ハードウェアの改造、並びに入射系上位計算機ソフトウェアの改造を実施すること。制御系改造後、接続試験を行い、単体動作、シーケンス動作、インターロック動作等、全ての機能に問題ないか確認を行うこと。インターロック試験においては、増幅器にて全インターロック要因を模擬的に発生させ、正しいインターロック動作が行われ、且つ上位計算機で正しく表示されているか確認すること。

6.8　高周波増幅試験・調整

以上、全ての作業を行った後、高効率小型入射器の高周波増幅器全システムを起動し、小型 RFQ 及び IHL 用高周波増幅器それぞれにおいて高周波増幅を行い、負荷である線形加速器共振器へ高周波電力投入を行うこと。全増幅器システムが正常動作を行い、且つ、共振器内に規定の高周波電圧が発生することを確認すること。また、試験において、各増幅器ステージでの増幅率及び、入出力回路の VSWR 等を記録すること。

以上の設計・製造を行うにあたり、設計の詳細について本所担当員と随時協議をおこない、承認を得た後、製造に取りかかるものとする。また、詳細な仕様は協議により別途変更可能とする。

7　提出図書

図面類（製作図、配置図、回路図、展開接続図等）、試験検査報告書、取扱説明書等を含む完成図書を各4部提出すること。また、完成図書、並びに製作図、回路図、部品表等の CAD データを含む電子ファイルもあわせて提出のこと。

8　その他

① 増幅器一式は放射線管理区域内に設置されているため、据付調整及び試験を行う者は放射線作業従事者登録を行う必要がある。業務従事者登録に必要な一連の手続きを実施すること。

② 現地作業は定期点検期間内、若しくは週末の運転停止期間内に実施すること。

③ 6.1 記載の半導体増幅器製作前には承認図書を提出し、放医研担当者の了解を得てから製作に着手すること。

④ 6.2～6.8 記載の各作業に先立ち、試験要領書、配置設計計画書、工事計画書等を事前に提出し、放医研担当者の承認を得た上で作業に取りかかること。

⑤ 請負者は本業務遂行にあたり知り得た情報を発注者の許可なくして第三者に開示してはならない。

⑥ 納入及び据付調整完了後、1年以内に生じた不具合に対しては、無償で修理対応を行うものとする。

部課名　　物理工学部
使用者氏名　　岩田　佳之　印